

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-008891

(43)Date of publication of application : 11.01.2002

(51)Int.Cl.

H05G 2/00
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-187392

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 22.06.2000

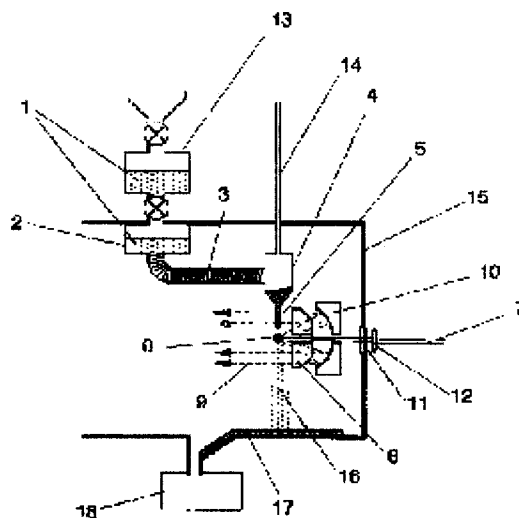
(72)Inventor : KAMITAKA NORIAKI

(54) ELECTROMAGNETIC WAVE GENERATING DEVICE, SEMICONDUCTOR MANUFACTURING DEVICE USING THE SAME, AND SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To supply particulates to an irradiating position of exciting laser beam with a sufficient density.

SOLUTION: The electromagnetic wave generating device is structured so that an exciting energy beam is applied to a target substance arranged in or introduced into a decompressed vessel so that a plasma atmosphere is produced and the electromagnetic waves radiated by the plasma are utilized, wherein the target substance is particulates, and the arrangement includes a soft X-ray generating device in which the target substance in the form of particulate is supplied by a transport device working by the electrostatic action.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]In an electromagnetic wave generator using electromagnetic waves which irradiate with and plasma-ize an excitation energy beam to a target substance arranged or introduced in a decompressed container, and this plasma radiates, A soft-X-ray generator which these target substances are particles and is characterized by supplying this particle-like target substance by a conveying machine using an electrostatic operation.

[Claim 2]A conveying machine using an electrostatic operation which supplies said target material has tubed shape, The electromagnetic wave generator according to claim 1 provided with a potential generator which is the structure around which at least three or more conductive wire rods coiled in accordance with a periphery of shape tubed [this], and can give potential which is respectively different in a wire rod of this conductivity.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the electromagnetic wave generator used for an extreme-ultraviolet-light reduced-projection-exposure device etc.

[0002]

[Description of the Prior Art]Now, in manufacture of an integrated circuit, the method of carrying out reduction projection and transferring the very detailed pattern formed on the mask by visible light or ultraviolet radiation, on the silicon wafer which applied resist, is performed widely. However, in connection with the minuteness making of pattern size, the reduced projection exposure using ultraviolet radiation is also approaching the diffraction limit. The reduced projection exposure (it is henceforth described as EUV lithography) using the wavelength of 13 nm or the 11-nm extreme ultraviolet (Extreme Ultra Violet) light (it is henceforth described as EUV light or soft X ray) whose wavelength is still shorter than ultraviolet radiation is proposed.

[0003]When using the wavelength of 13 nm, or 11-nm EUV light, the laser plasma light source (it is described as LPS after Laser Plasma Source) is thought as one candidate of the light source. If the pulse emitted light from a laser beam generator is condensed, a substance is irradiated and the irradiation intensity will become beyond a $10^{10}\text{W}/\text{cm}^2$ grade, by the powerful electric field, the atom of a substance will be stripped off, and will plasma-ize an electron, and electromagnetic waves will be radiated from the plasma. The luminosity of the electromagnetic waves radiated from this plasma is dramatically high, and the electromagnetic waves of big light volume can be acquired by generating plasma in high repeat frequency. It is possible to generate EUV light with high conversion efficiency in such a light source, and it is dramatically compact compared with the synchrotron radiation generating institution etc. which can moreover obtain the EUV light of large light volume in a similar manner. Therefore, LPS begins EUV lithography and is dramatically promising as light sources, such as an X-ray microscope and an analysis apparatus.

[0004]When using LPS for EUV lithography, the amount of EUV light obtained from a light source is important. Since EUV light is strongly absorbed to all the substances, a usual lens or reflector cannot be used. Therefore, in order to obtain high reflectance, an optical system is constituted from soft-X-ray reduced projection exposure by the reflector in which the multilayer film was formed to the reflector. The reflected wave length of the combination of a substance and a multilayer film who constitutes this multilayer film is closely related, and with the Mo/Si multilayer film, near the wavelength of 13 nm, and with a Mo/Be multilayer film, since high reflectance is obtained near 11 nm, such wavelength is mentioned to the candidate as wavelength used for soft-X-ray reduced projection exposure. However, about 70% is a limit also in the reflector in which the reflectance obtained to soft X ray formed these multilayer films.

If it assumes that the reflector of about ten sheets is used for reduced projection exposure, the transmissivity (reflectance) of the whole optical system will become very low with several percent.

Therefore, in order to obtain processing speed (throughput) sufficient as a lithography device, it is desired for the light volume of the soft X ray generated from a light source to be large as much as possible. Near the wavelength of 13 nm, when tin (Sn) is targeted, a 2% (/2.5%BW/2pizr) grade, When the cluster which made xenon (Xe) gas blow off at a supersonic speed, and formed it into the vacuum is targeted, the conversion efficiency about 0.6% (/2.5%BW/2pizr) is reported.

[0005]In using LPS, being stabilized for a long time, generating of scattering particles poses a big problem. This is because generating of scattering particles brings about contamination of an optical system. When convergent radiotherapy of the laser beam is carried out to a solid target and plasma is generated, the substance dissolved or evaporated around plasma is blown away by explosive expansion of plasma, and serves as scattering particles. The gas solidified by a fluid and cooling as a means to reduce this scattering particle, Or the proposal which targets the cluster etc. which are formed by blowing off a gas at a supersonic speed in a vacuum chain bar is

made (JP,2-43319,B, U.S. Pat.5577092). On the other hand, with a solid target, in order that energy may escape around by heat conduction, the conversion efficiency to electromagnetic waves falls and, as for heating efficiency ***** of plasma, the substance of the circumference heated and fused by heat conduction serves as scattering particles further, but. The proposal of stopping heat conduction and the amount of substance to fuse is also made by making a target into a thin film or particles.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]As already stated, in order that conversion efficiency may realize LPS with few scattering particles highly, various proposals as shape of a target material and a feeding method for the same are made. However, in only the conversion efficiency about the half of a solid target being reported by wavelength the field of 13 nm at present when a gas cluster is targeted, and generating plasma with high repeat frequency, exhaust air of the introduced gas also poses a big problem. If a filmy target is used, in respect of conversion efficiency, can realize a high thing, but. There is a problem that the target thin film which the yield of scattering particles has far exceeded the quantity permitted by EUV lithography still, and reaches for realizing prolonged continuous supply at several kilometers in length will be needed. Based on such the actual condition, gas is made to mix solid particulates, it carries to a plasma generation position, LPS used as a target is proposed (JP,10-221499,A), and it is hoped that high conversion efficiency and small scattering particle weight may be able to be attained. Thus, when targeting solid particulates, a means to continue supplying particles to an excited-laser-light irradiation position continuously for a long time is needed. Therefore, continuous supply is realized by mixing solid particulates with a gas and blowing off from a nozzle. However, it is difficult to control the particle density in a gas correctly, and it also difficult to make high enough particle density in an excited-laser-light irradiation position. Since the introduced gas is extensive, exhaust air also has a possibility of becoming a problem. In the invention indicated by JP,10-221499,A, these points pose a problem. Therefore, the method of supplying particles by sufficient density for an excited-laser-light irradiation position was desired.

[0007]

[Means for Solving the Problem]In an electromagnetic wave generator using electromagnetic waves which the first means for solving said technical problem irradiates with and plasma-izes an excitation energy beam to a target substance arranged or introduced in a decompressed container, and this plasma radiates, These target substances are particles and this particle-like target substance is the soft-X-ray generator (claim 1) currently supplying by a conveying machine using an electrostatic operation.

[0008]Particles are made into target material in this means, since particles isolate and exist in space respectively, there is little energy loss at the time of plasma heating by heat conduction, and high conversion efficiency to soft X ray is acquired. Since a field which target material fused hardly exists, either, scattering particles are reduced. Since particle-like target material is supplied to an excited-laser-light irradiation position with a conveying machine using an electrostatic operation, By supply of target material, a pressure in a vacuum housing can hardly be influenced, but can make load to an exhaust system small compared with a case where particles are supplied with particle mixed gas.

[0009]The second means for solving said technical problem has shape tubed in a conveying machine using an electrostatic operation which supplies said target material, It is the structure around which at least three or more conductive wire rods coiled in accordance with a periphery of shape tubed [this], and is the electromagnetic wave generator (claim 2) according to claim 1 provided with a potential generator which can give potential which is respectively different in a wire rod of this conductivity.

[0010]In this means, since particles used as target material are supplied with a conveying machine which has tubed shape, it is stabilized in an excited-laser-light irradiation position, and target particles can be supplied by high density. The third means for solving said technical problem is the electromagnetic wave generator (claim 3) according to claim 1 or 2 having a means to make a gaseous flow produced inside [which conveys particles used as target material] said tubed conveying machine.

[0011]In this means, by forming a gaseous flow in an inside of a tubed particle conveying machine, particles can be conveyed more smoothly and, therefore, many particles can be supplied by a plasma production position. It also becomes possible to prevent particles dispersing. It comes out very only, and comes out enough, and, for a certain reason, quantity of a gas introduced here can fully be exhausted by an exhaust means, and does not affect exposure etc.

[0012]The fourth means for solving said technical problem is an electromagnetic wave generator (claim 4) given in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 3 provided with a mechanism in which particles which were not plasma-ized among particles supplied from a conveying machine using said electrostatic operation are collected.

[0013]By collecting particles which were not used for plasma production of ***** supplied to a plasma production position in this means, it can prevent particles dispersing in a vacuum housing in which plasma is generated, and trouble can be prevented from arising in operation of a device etc. which have been arranged

around. Operation efficient as an electromagnetic wave generator is attained by using particles again as a target material.

[0014]The fifth means for solving said technical problem is an electromagnetic wave generator (claim 5) given in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 4, wherein said particle target material is a compound of metal or metal, such as an oxide. Target particles are used as a compound of metal or metal in this means. Since high conversion efficiency is acquired when it is considered as target material of LPS, metal can obtain big light volume by making metal or metallic-compounds particles into a target.

[0015]The sixth means for solving said technical problem has ***** which stores said particle to supply, It is an electromagnetic wave generator (claim 6) given in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 5 having a means to decrease the water of adsorption on the surface of a particle by heating particles of this particle *****.

[0016]In this means, particles stored in particle ***** are heated, electrostatic conveying becomes easier than decreasing the water of adsorption on the surface of a particle, and sufficient particles can be supplied to a plasma generation position. As for cooking temperature, it is preferred that it is not less than 100 **, and its about 200-300 ** is preferred.

[0017]An illumination-light study system which illuminates a mask using electromagnetic waves which the seventh means for solving said technical problem has an electromagnetic wave generator of a statement in any 1 paragraph of claims 1 thru/or 6, and were ejected from the electromagnetic wave generator concerned, It is a semiconductor manufacturing device (claim 7) having a projection optical system which transfers a pattern provided on the mask concerned on an induction substrate.

[0018]In this means, a semiconductor manufacturing device with high processing speed is realizable. The eighth means for solving said technical problem has the distance which transfers a pattern currently formed on a mask using the semiconductor manufacturing device according to claim 7 on an induction substrate applied to resist, and is a manufacturing method (claim 8) of a semiconductor device characterized by things.

[0019]In this means, since more electromagnetic waves can be used for exposure, a semiconductor device can be manufactured efficiently.

[0020]

[Embodiment of the Invention]The lineblock diagram of the embodiment of the soft-X-ray generator in this invention is shown in drawing 1. These embodiments are EUV light occurrence parts of an illumination-light study system in an EUV lithography device. Helium (helium) gas is introduced into the inside of the vacuum housing 15 exhausted by even the pressure of 10 Pa or less with the exhaust (un-illustrating). The particles 1 used as target material are stored in ***** 2, and the generated position of plasma is supplied by the two tubular conveying machines 3 and 5. Particles are particles of 10 micrometers in diameter tin oxide, and are conveyed to the entrance of the second tubular conveying machine 5 by the first conveying machine 3 whose path of the pipe to convey is 5 mm. It is spirally given so that wiring of six may not cross the wall of the pipe of the tubular conveying machine 3, respectively, and the surface is covered with the thin insulator layer. The interval with the next wiring is 10 micrometers, and is an interval suitable for conveying tin oxide particles 10 micrometers in diameter. Since the tube diameter is large enough to 5 mm and the diameter of a particle, there is no possibility of getting a pipe blocked by particles, and a lot of particles can be conveyed smoothly. The second tubular conveying machine 5 has an exit of particles near the plasma production position, and has the structure where a tube diameter becomes small gradually toward an exit. The tube diameter in an exit is 100 micrometers. In the second tubular conveying machine 5, gaseous helium dry in the pipe from the gas supply line 14 is introduced, and gaseous helium is also blowing off with particles. Since the particles which jumped out of the exit of the conveying machine since the flow of gas was formed exercise in accordance with the flow of gas, they can stabilize the movement direction of particles compared with the case where there is no gas. in order [which is not] to make particles convey only by gas like a Prior art, it is not a thing to the extent that the flow of gas comes out enough, and there is by a flow indispensable to stabilize the movement direction of particles and an exhaust system is made to produce big load. In the plenum chamber 13 at the time of supplying particles to ***** 2, the water of adsorption on the surface of a particle can be decreased by heating with a heater, where an inside is exhausted. If the water of adsorption exists on the surface of particles, particles serve as a grain aggregate easily with the surface tension, and it is not suitable for performing electrostatic conveyance with a conveying machine, but will be suitable for conveyance by decreasing the water of adsorption.

[0021]The pulse laser beam 7 which condensed with the lens 12 is irradiated through the laser light introducing windows 11 which gave the antireflection film by the particle group which jumped out of the exit of the tubular conveying machine 5, and the plasma 6 is generated. The EUV light near the wavelength of 13 nm is efficiently radiated by generating laser plasma by making tin oxide into target material. In the vacuum housing, the paraboloid-of-revolution mirror 10 which has a focus in a plasma production position is arranged, and the Mo/Si multilayer film is formed so that EUV light with a wavelength of 13 nm may be efficiently reflected in the surface.

It reflects in the paraboloid-of-revolution mirror 10, EUV light with a wavelength of 13 nm emitted from the plasma 6 forms the EUV parallel pencil 9, and this EUV parallel pencil 9 is used for the lighting of a mask via an illumination-light study system. Around the plasma 6, the laminated scattering particle inhibition member 8 is arranged. This member 8 is arranged in the direction which includes the optical path which enters into the paraboloid-of-revolution mirror 10, and the reflected optical path in a field, as shown in drawing 4, and it hardly interrupts an EUV light bunch. However, scattering particles, such as ion by which it was generated by generation of the plasma 6, can prevent the scattering particle effectively by the scattering particle inhibition member 8, if that it is also small changes the direction of movement by the collision with a gaseous helium molecule.

[0022]The particle recovery system 17 is arranged in the vacuum housing. In the surface of the recovery system 17, wiring is made at intervals of 10 micrometers, and particles can be conveyed now by electrostatic conveyance. The particles 16 which fell on the recovery system 17 without being used for generation of plasma are conveyed, and it is collecting to ***** 18. The collected particles are again supplied to ***** and are used for generation of plasma.

[0023]Drawing 2 and 3 are the figures showing the principle of above-mentioned electrostatic conveyance. This principle is F.M.Moesner and T.Higuchi, Devices for Particle Handling by an ac Electric Field, Proc. 1995 IEEE Workshop on Micro. It is reported to Electro Mechanical Systems pp.66-71 (1995). If the volts alternating current of six phases is impressed to the electrode 20 arranged in the insulating layer 21 on the substrate 22 like drawing 2, it will use that the particles 19 drawn to the electrode by electrostatic operation move and go to the next electrode one after another by change of electrode voltage. A three phase circuit is actually possible for conveyance, and six phases can convey particles certainly and it is also known that the bearer rate of particles changes with the interval of an electrode, impressed electromotive force, the distance of an electrode and particles, the diameter of a particle, frequency, etc. It is known by giving the conductive small-gage wire 23 which serves as an electrode like drawing 3 to the surroundings of the cylindrical member 24 that the particles 19 in a pipe can be conveyed and particles of almost all substances, such as metal, glass, and polymers, can be conveyed.

[0024]In this embodiment, although the section of the tubular portion of a particle conveying machine uses the circular thing, the shape may not be restricted to this and other shape, such as a rectangle, may be sufficient as it. In this embodiment, although target material is made into the particles of tin oxide, the construction material of target material is not restricted to this. The compound of metal tin, other metal, and metal may be sufficient. It is desirable for target material to change according to the wavelength of the target electromagnetic waves. For example, what is necessary is just to use the particles of organic matters, such as polystyrene, to generate EUV light with a wavelength of about 4.5 nm.

[0025]In this embodiment, although the path of particles is 10 micrometers, the path of particles is not restricted to this. Using an about 100-micrometer particle, convergent radiotherapy of the laser beam may be carried out to the single particles instead of a particle group, and reverse still smaller particles may be used. In order to convey those particles, it is necessary to optimize the interval of wiring of a conveying machine, etc.

[0026]In this embodiment, in order to prevent scattering particles, gaseous helium was introduced and the scattering particle inhibition member is arranged, but when the influence of scattering particles does not pose a problem, it is not necessary to perform introduction of gas, and arrangement of a scattering particle inhibition member. The gas to introduce may not be restricted to helium and other gases, such as krypton, may be sufficient as it. The effect that the direction of a heavy gas molecule generally prevents scattering particles is large, and the effect of scattering particle inhibition is acquired by a lower pressure. It is necessary to merely pay attention to absorption with the gas of the EUV light used in the case of *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. Although helium has an absorption index comparatively low in a large field in an EUV region, with other gases, absorption becomes large. Since it has the absorption end near the wavelength of 13.2 nm, absorption is dramatically larger to the EUV light of short wavelength than to this, but since transmissivity comparable as helium near 14 nm is obtained, krypton is effective for reduction of scattering particles.

[0027]In this embodiment, although the parallel pencil is formed in the paraboloid-of-revolution mirror, it may not restrict to this and some utilization objects may form a condensed light bunch and a sending light bunch in a spheroid mirror, a hyperboloid-of-revolution mirror, etc. Drawing 5 is a schematic diagram showing a 2nd embodiment of this invention. This embodiment constitutes an X ray reduction exposure device (semiconductor aligner) using the soft-X-ray generator (electromagnetic wave generator) shown in a 1st embodiment. About the portion explained by a 1st embodiment, explanation is omitted as the electromagnetic wave generator 500.

[0028]The soft X ray (wavelength of 13 nm) ejected from the electromagnetic wave generator 500 enters into the illumination-light study system 507. An illuminated field is orthopedically operated circularly by the illumination-light study system 507, and the reflecting mask 508 in which the IC circuit pattern is formed is

illuminated. The projection optical system 510 contracts to one fourth, and image formation of the X-rays reflected with the reflecting mask 508 is carried out on the silicon wafer 511 in which resist was applied. At this time, the wafer 511 and the reflecting mask 508 are attached on the reflecting mask moving stage 513 and the wafer moving stage 514, respectively, and these stages can expose now the whole IC chip surface of 25x25 mm square with scanning synchronously. By this exposure device, it is 0.07 micrometer on resist. The IC pattern of last shipment can be exposed now.

[0029] Hereafter, the example of the embodiment of the manufacturing method of the semiconductor device concerning this invention is explained. Drawing 6 is a flow chart which shows an example of the manufacturing method of the semiconductor device concerning this invention. The manufacturing process of this example includes each following main distance.

(1) The mask manufacture process of manufacturing the mask used for the wafer manufacturing process (or wafer preliminary process for which wafer is prepared) (2) exposure which manufactures a wafer (or mask preliminary process for which a mask is prepared)
(3) It starts at a time one chip formed on the wafer processing distance (4) wafer which performs processing treatment required for a wafer, and consists of sub distance of further some [distance / of its *****] which is a chip inspection process which inspects the chip which was able to carry out the chip assembly process (5) you make it operation of attained.

[0030] It is wafer processing distance like Shugyo who has decisive influence on the performance of the device of a semiconductor in like these Shugyo. In this distance, the designed circuit pattern is laminated one by one on a wafer, and many chips which operate as a memory or MPU are formed. This wafer processing distance includes each following process.

(1) Thin-film-forming distance which forms the metal thin film etc. which form the dielectric membrane used as an insulating layer, a wiring section, or the polar zone (CVD, sputtering, etc. are used)
(2) In order to process selectively an oxidation distance (3) thin film layer, a wafer substrate, etc. which oxidize this thin film layer and wafer substrate. Etching distance which processes a thin film layer and a substrate according to the pattern of the lithography distance (4) resist which forms the pattern of resist using a mask (reticle) (for example, dry etching technology is used)
(5) Ion-impurities pouring diffusion distance (6) resist-removing distance (7) Wafer processing distance performs repeatedly only the required number of layers which is an inspection process which inspects the wafer processed further, and manufactures the semiconductor device which operates as a design.

[0031] Drawing 7 is a flow chart which shows the lithography distance which makes the core of the wafer processing distance of drawing 6. This lithography distance includes each following process.

(1) The resist by which exposure distance (3) exposure which exposes the resist application distance (2) resist which carries out the coat of the resist on the wafer in which the circuit pattern was formed in the distance of the whole page was carried out is developed. About the semiconductor device manufacturing process beyond the annealing distance for stabilizing the resist pattern by which development distance (4) development which obtains the pattern of resist was carried out, wafer processing distance, and lithography distance, it is a well-known thing and explanation beyond this will not be required.

[0032] If the X-ray aligner concerning this invention is used for the exposure distance of (2) in the above-mentioned lithography distance, exposure transfer of a pattern with small line width can be performed. And since prolonged continuous running is possible for these X-ray aligners, according to the manufacturing method of the semiconductor device of this invention, a semiconductor device can be manufactured with the sufficient yield.

[0033]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained, according to the electromagnetic wave generator in this invention, it becomes possible to continue supplying a particle target stably over a long time by sufficient density, and LPS which has high conversion efficiency, and few scattering particles can be realized. The semiconductor manufacturing device which has higher throughput can be obtained by using this electromagnetic wave generator for the light source of EUV aligner. Furthermore, the high manufacturing semiconductor integrated circuits using of throughput can be acquired with the manufacturing semiconductor integrated circuits using using this semiconductor manufacturing device.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-8891

(P2002-8891A)

(43)公開日 平成14年1月11日(2002.1.11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
H 0 5 G 2/00		G 0 3 F 7/20	5 0 3 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	H 0 5 G 1/00	K 4 C 0 9 2
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 3 1 S 5 F 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-187392(P2000-187392)

(22)出願日 平成12年6月22日(2000.6.22)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 神高 典明

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H097 CA15

4C092 AA06 AA17 AB21 AB23 AC09

5F046 GA09 CA11 CA12 GB01 GC03

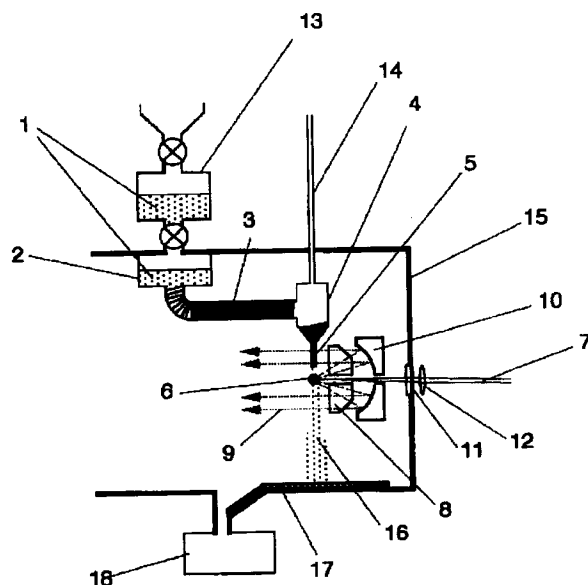
GD10

(54)【発明の名称】 電磁波発生装置、これを用いた半導体製造装置並びに半導体デバイスの製造方法

(57)【要約】

【課題】微粒子を励起レーザ光照射位置に十分な密度で供給する方法が望まれていた。

【解決手段】減圧した容器内に配置あるいは導入された標的物質に励起エネルギービームを照射してプラズマ化し、該プラズマが輻射する電磁波を利用する電磁波発生装置において、該標的物質が微粒子であり、該微粒子状標的物質が静電的な作用を利用した搬送装置によって供給されていることを特徴とする軟X線発生装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】減圧した容器内に配置あるいは導入された標的物質に励起エネルギービームを照射してプラズマ化し、該プラズマが輻射する電磁波を利用する電磁波発生装置において、

該標的物質が微粒子であり、該微粒子状標的物質が静電的な作用を利用した搬送装置によって供給されていることを特徴とする軟X線発生装置。

【請求項2】前記標的材を供給する静電的な作用を利用した搬送装置が筒状の形状を有しており、該筒状の形状の外周に沿って少なくとも3本以上の導電性の線材が巻き付いた構造であり、該導電性の線材に各々違った電位を与えることができる電位発生装置を備えたことを特徴とする請求項1に記載の電磁波発生装置。

【請求項3】標的材となる微粒子を搬送する前記筒状の搬送装置の内側に気体の流れを生じさせる手段を有することを特徴とする、請求項1または2に記載の電磁波発生装置。

【請求項4】前記静電的な作用を利用した搬送装置から供給された微粒子のうちプラズマ化されなかった微粒子を回収する機構を備えたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の電磁波発生装置。

【請求項5】前記微粒子標的材が、金属あるいは酸化物などの金属の化合物であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の電磁波発生装置。

【請求項6】前記供給する微粒子を貯蔵しておく微粒子溜を有し、該微粒子溜内部の微粒子を加熱することにより微粒子表面の吸着水を減少させる手段を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の電磁波発生装置。

【請求項7】請求項1乃至6のいずれか1項に記載の電磁波発生装置を有し、当該電磁波発生装置から射出した電磁波を用いてマスクを照明する照明光学系と、当該マスク上に設けられたパターンを感応基板上に転写する投影光学系と、を有する事を特徴とする半導体製造装置

【請求項8】請求項7に記載の半導体製造装置を用いてマスク上に形成されているパターンをレジストが塗布されている感応基板上に転写する行程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、極端紫外光縮小投影露光装置等に用いる電磁波発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、半導体集積回路の製造においては、マスク上に形成された非常に微細なパターンを、レジストを塗布したシリコンウエハ上に可視光あるいは紫外光によって縮小投影して転写する方法が広くおこなわれている。しかし、パターンサイズの微細化に伴い紫外

光を用いた縮小投影露光でも回折限界に近づいており、紫外光よりさらに波長の短い、波長13nmあるいは11nmの極端紫外(Extreme Ultra Violet)光(以降、EUV光又は軟X線と記す)を用いた縮小投影露光(以降、EUVリソグラフィと記す)が提案されている。

【0003】波長13nmあるいは11nmのEUV光を用いる場合、その光源の1つの候補として考えられているのが、レーザープラズマ光源(Laser Plasma Source 以降LPSと記す)である。レーザー光発生装置からのパルス出射光を集光して物質に照射すると、その照射強度が 10^{10}W/cm^2 程度以上になると、物質の原子はその強力な電場によって電子をはぎ取られてプラズマ化し、そのプラズマからは電磁波が輻射される。このプラズマから輻射される電磁波の輝度は非常に高く、高い繰返し周波数でプラズマを発生させることにより大きな光量の電磁波を得ることができる。このような光源では高い変換効率でEUV光を発生させることが可能であり、しかも、同様に大光量のEUV光を得ることができるシンクロトロン放射光発生施設などと較べると非常にコンパクトである。そのためLPSはEUVリソグラフィをはじめ、X線顕微鏡や分析装置などの光源として非常に有望である。

【0004】LPSをEUVリソグラフィに用いる場合、光源から得られるEUV光量が重要である。EUV光はすべての物質に強く吸収されるため、通常のレンズや反射鏡は使用することができない。よって軟X線縮小投影露光では高い反射率を得るために反射面に多層膜を形成した反射鏡によって光学系が構成される。この多層膜を構成する物質の組み合わせと多層膜の反射波長は密接に関係しており、Mo/Si多層膜では波長13nm付近、Mo/Be多層膜では11nm付近で高い反射率が得られるため、軟X線縮小投影露光に用いる波長としてこれらの波長が候補に挙げられている。しかし、軟X線に対して得られる反射率は、これらの多層膜を形成した反射面でも70%程度が限界であり、縮小投影露光に10枚程度の反射面が使用されると仮定すると、光学系全体の透過率(反射率)は数%と非常に低くなってしまう。よって、リソグラフィ装置として十分な処理速度(スループット)を得るために、光源から発生する軟X線の光量はできるだけ大きいことが望まれる。波長13nm付近では、錫(Sn)をターゲットとしたときには2%($\sim 2.5\% \text{BW}/2\pi \text{sr}$)程度、キセノン(Xe)ガスを真空中に超音速で噴出させて形成したクラスターをターゲットとした場合には0.6%($\sim 2.5\% \text{BW}/2\pi \text{sr}$)程度の変換効率が報告されている。

【0005】LPSを長時間安定して使用するにあたっては飛散粒子の発生が大きな問題となる。これは飛散粒子の発生が光学系の汚染をもたらすからである。固体ターゲットにレーザー光を集光照射してプラズマを発生させた場合、プラズマの周囲で融解あるいは気化した物質

がプラズマの爆発的な膨張によって吹き飛ばされて飛散粒子となる。この飛散粒子を低減する手段として、液体や、冷却によって固化した気体、あるいは真空チェンバー内に超音速で気体を吹き出すことによって形成されるクラスターなどをターゲットとする提案がなされている（特公平2-43319号公報、U.S. Pat. 5577092）。また一方、固体ターゲットでは熱伝導によってエネルギーが周囲に逃げていくためにプラズマの加熱効率ひいては電磁波への変換効率が低下し、さらに、熱伝導により加熱・溶融した周囲の物質が飛散粒子となるが、ターゲットを薄膜や微粒子とすることによって熱伝導と溶融する物質量を抑えるという提案もなされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】すでに述べたように、変換効率が高く、かつ、飛散粒子の少ないLPSを実現するためにターゲット材の形状およびその供給方法として様々な提案がなされている。しかしガスクラスターをターゲットとした場合には、波長13nm領域では現在のところ固体ターゲットの半分程度の変換効率しか報告されておらず、また、プラズマを高い繰り返し周波数で生成する場合には導入した気体の排気も大きな問題となる。薄膜状のターゲットを用いれば変換効率の点では高いものが実現できるが、飛散粒子の発生量はEUVリソグラフィに許容される量を依然大きく上回っており、また、長時間の連続供給を実現するには長さ数kmにも及ぶターゲット薄膜が必要になってしまうという問題がある。このような現状を踏まえ、固体微粒子をガスに混合させてプラズマ発生位置まで運び、ターゲットとするLPSが提案されており（特開平10-221499号公報）、高い変換効率と少ない飛散粒子量が達成できるのではないかと期待されている。このように、固体微粒子をターゲットとする場合、励起レーザー光照射位置に微粒子を長時間連続的に供給し続ける手段が必要となる。そのため、固体微粒子を気体に混ぜてノズルから吹き出すことによって連続的な供給を実現している。しかし、気体中の微粒子密度を正確に制御する事は困難であり、また、励起レーザー光照射位置における微粒子密度を十分に高くする事も困難である。また、導入された気体が大量であるため排気も問題となる恐れがある。特開平10-221499号に開示された発明ではこれらの点が問題となる。よって、微粒子を励起レーザー光照射位置に十分な密度で供給する方法が望まれていた。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第一の手段は、減圧した容器内に配置あるいは導入された標的物質に励起エネルギービームを照射してプラズマ化し、該プラズマが輻射する電磁波を利用する電磁波発生装置において、該標的物質が微粒子であり、該微粒子が標的物質が静電的な作用を利用した搬送装置によっ

て供給されていることを特徴とする軟X線発生装置（請求項1）である。

【0008】本手段においては微粒子を標的材としており、微粒子は各々空間に孤立して存在しているために熱伝導によるプラズマ加熱時のエネルギー損失が少なく、軟X線への高い変換効率を得られる。また、標的材が溶融した領域もほとんど存在しないために飛散粒子は低減される。さらに、励起レーザー光照射位置に静電的な作用を利用した搬送装置によって微粒子状の標的材を供給しているため、標的材の供給によって真空容器内の圧力はほとんど影響を受けず、微粒子混合ガスによって微粒子を供給する場合に比べて排気系への負荷を小さくすることができる。

【0009】前記課題を解決するための第二の手段は、前記標的材を供給する静電的な作用を利用した搬送装置が筒状の形状を有しており、該筒状の形状の外周に沿って少なくとも3本以上の導電性の線材が巻き付いた構造であり、該導電性の線材に各々違った電位を与えることができる電位発生装置を備えたことを特徴とする請求項1に記載の電磁波発生装置（請求項2）である。

【0010】本手段においては、標的材となる微粒子を筒状の形状を有する搬送装置によって供給しているため、励起レーザー光照射位置に安定して高い密度で標的微粒子を供給することができる。前記課題を解決するための第三の手段は、標的材となる微粒子を搬送する前記筒状の搬送装置の内側に気体の流れを生じさせる手段を有することを特徴とする、請求項1または2に記載の電磁波発生装置（請求項3）である。

【0011】本手段においては、筒状の微粒子搬送装置の内部に気体の流れを形成することによって、微粒子の搬送をより円滑に行なうことができ、よって、プラズマ生成位置により多くの微粒子を供給することができる。また、微粒子が飛散する事を防ぐことも可能となる。尚、ここで導入される気体の量は極わずかで充分であるため排気手段によって十分に排気することが可能であり、露光等に影響を及ぼすことはない。

【0012】前記課題を解決するための第四の手段は、前記静電的な作用を利用した搬送装置から供給された微粒子のうちプラズマ化されなかった微粒子を回収する機構を備えたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の電磁波発生装置（請求項4）である。

【0013】本手段においては、プラズマ生成位置に供給されたもののプラズマ生成に利用されなかった微粒子を回収することによって、プラズマが生成される真空容器内に微粒子が飛散することを防ぎ、周囲に配置された装置などの動作に支障が生じることを防止することができる。また、微粒子をターゲット材として再度利用することによって、電磁波発生装置として効率的な運転が可能となる。

【0014】前記課題を解決するための第五の手段は、

前記微粒子標的材が、金属あるいは酸化物などの金属の化合物であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の電磁波発生装置（請求項5）である。本手段においては、標的微粒子を金属あるいは金属の化合物としている。金属はLPSの標的材とした場合に高い変換効率を得られるため、金属あるいは金属化合物微粒子を標的とすることによって大きな光量を得ることができる。

【0015】前記課題を解決するための第六の手段は、前記供給する微粒子を貯蔵しておく微粒子溜を有し、該微粒子溜内部の微粒子を加熱することにより微粒子表面の吸着水を減少させる手段を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の電磁波発生装置（請求項6）である。

【0016】本手段においては、微粒子溜内部に貯蔵された微粒子を加熱し、微粒子表面の吸着水を減少させることにより静電搬送が容易となり、十分な微粒子をプラズマ発生位置に供給することができる。加熱温度は100℃以上である事が好ましく、200～300℃程度が好ましい。

【0017】前記課題を解決するための第七の手段は、請求項1乃至6のいずれか1項に記載の電磁波発生装置を有し、当該電磁波発生装置から射出した電磁波を用いてマスクを照明する照明光学系と、当該マスク上に設けられたパターンを感応基板上に転写する投影光学系と、を有する事を特徴とする半導体製造装置（請求項7）である。

【0018】本手段においては、処理速度の高い半導体製造装置を実現することができる。前記課題を解決するための第八の手段は、請求項7に記載の半導体製造装置を用いてマスク上に形成されているパターンをレジストが塗布されている感応基板上に転写する行程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法（請求項8）である。

【0019】本手段においては、より多くの電磁波を露光に利用できるため、効率的に半導体素子を製造することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】図1に本発明における軟X線発生装置の実施形態の構成図を示す。本実施形態はEUVリソグラフィ装置における照明光学系のEUV光発生部分である。排気装置（不図示）によって10Pa以下の圧力にまで排気された真空容器15の内部にヘリウム（He）ガスが導入されている。微粒子溜2には標的材となる微粒子1が蓄えられており、2つの管状搬送装置3、5によってプラズマの生成位置に供給されている。微粒子は直径10μmの酸化錫の微粒子であり、搬送する管の径が5mmの第一の搬送装置3によって第二の管状搬送装置5の入り口まで搬送される。管状搬送装置3の管の内壁には6本の配線がそれぞれ交わらないように螺旋

状に施されており、その表面は薄い絶縁膜に覆われている。隣の配線との間隔は10μmであり、直径10μmの酸化錫微粒子を搬送するのに適した間隔となっている。また、管径が5mmと微粒子径に対して十分に大きいので、管が微粒子によって詰まる恐れはなく、大量の微粒子を円滑に搬送することができる。第二の管状搬送装置5はプラズマ生成位置の近傍に微粒子の出口を有し、出口に向かって管径が徐々に小さくなる構造を有している。出口での管径は100μmである。第二の管状搬送装置5では、ガス供給管14から管内に乾燥したヘリウムガスを導入しており、微粒子と共にヘリウムガスも吹き出している。ガスの流れを形成しているため、搬送装置の出口から飛び出した微粒子はガスの流れに沿って運動するため、ガスの無い場合に比べて微粒子の運動方向を安定させることができる。従来の技術の様にガスのみで微粒子を搬送させないため、ガスの流量は微粒子の運動方向を安定させるのに最低限必要な流量で充分であり、排気系に大きな負荷を生じさせるほどのものではない。微粒子溜2に微粒子を供給する際の前室13では、内部を排気した状態でヒータにより加熱することにより微粒子表面の吸着水を減少させることができる。微粒子の表面に吸着水が存在すると、その表面張力によって微粒子は粒塊となりやすく、搬送装置によって静電搬送を行うのには適さないが、吸着水を減少させることによって搬送に適した状態になる。

【0021】管状搬送装置5の出口から飛び出した微粒子群には、レンズ12で集光したパルスレーザー光7が、反射防止膜を施したレーザー光導入窓11を通じて照射され、プラズマ6が生成される。酸化錫を標的材としてレーザープラズマを生成することによって波長13nm付近のEUV光が効率よく輻射される。真空容器内には、プラズマ生成位置に焦点を有する回転放物面鏡10が配置されており、その表面には波長13nmのEUV光を効率よく反射するようにMo/Si多層膜が形成されている。プラズマ6から発した波長13nmのEUV光は回転放物面鏡10で反射してEUV平行光束9を形成し、該EUV平行光束9は照明光学系を介してマスクの照明に利用される。プラズマ6の周囲には薄板状の飛散粒子阻止部材8が配置されている。この部材8は図4に示すように回転放物面鏡10に入射する光路と反射した光路を面内に含むような方向に配置されており、EUV光束をほとんど遮ることはない。しかし、プラズマ6の生成によって発生したイオン等の飛散粒子が、ヘリウムガス分子との衝突によってその進行方向を僅かにでも変えると、その飛散粒子は飛散粒子阻止部材8によって効果的に阻止することができる。

【0022】また、真空容器内には微粒子回収装置17が配置されている。回収装置17の表面には10μm間隔で配線がなされており、静電搬送により微粒子を搬送することができるようになっている。プラズマの生成に

利用されずに回収装置17上に落下した微粒子16を搬送し、微粒子溜18に回収している。回収した微粒子は再び微粒子溜に供給され、プラズマの生成に利用される。

【0023】図2、3は上述の静電搬送の原理を示す図である。この原理は、F.M.Moesner and T.Higuchi, Devices for Particle Handling by an ac Electric Field, Proc. 1995 IEEE Workshop on Micro Electro Mechanical Systems pp.66-71 (1995)に報告されている。図2のように基板22上の絶縁層21の中に配置された電極20に6相の交流電圧を印加すると、静電的な作用によって電極に引きつけられた微粒子19が電極電圧の変化によって次々に隣の電極に移って行くことを利用したものである。実際には3相でも搬送は可能であるが、6相の方が確実に微粒子を搬送でき、電極の間隔、印加電圧、電極と微粒子の距離、微粒子径、周波数などによって微粒子の搬送速度が違っても知られている。また、図3のように電極となる導電性の細線23を筒状部材24の周りに施すことにより管の中の微粒子19を搬送でき、金属、ガラス、高分子などほとんどの物質の微粒子を搬送できることが知られている。

【0024】本実施形態においては、微粒子搬送装置の管状の部分の断面は円形であるものを用いているが、その形状はこれに限るものではなく、長方形など他の形状でも良い。本実施形態においては、標的材を酸化錫の微粒子としているが、標的材の材質はこれに限るものではない。金属錫や他の金属、金属の化合物でも良い。また、目的とする電磁波の波長に合わせて標的材は変えることが望ましい。例えば、波長4.5nm程度のEUV光を発生させたい場合にはポリスチレンなど有機物の微粒子を利用すればよい。

【0025】本実施形態においては、微粒子の径を10 μ mとしているが、微粒子の径はこれに限るものではない。100 μ m程度の微粒子を用いて、微粒子群ではなく単一の微粒子にレーザー光を集光照射しても良く、また、逆にさらに小さい微粒子を用いても良い。それらの微粒子を搬送するためには、搬送装置の配線の間隔などを最適化する必要がある。

【0026】本実施形態においては、飛散粒子を阻止するためにヘリウムガスを導入し、飛散粒子阻止部材を配置しているが、飛散粒子の影響が問題とならない場合には、ガスの導入と飛散粒子阻止部材の配置は行わなくてもよい。また、導入するガスはヘリウムに限るものではなく、クリプトンなど他の気体でもよい。一般に重い気体分子の方が飛散粒子を阻止する効果は大きく、より低い圧力で飛散粒子阻止の効果が得られる。ただしその際に、利用するEUV光の気体による吸収には注意を払う必要がある。ヘリウムはEUV領域では広い領域で比較的低い吸収係数を有するが、他の気体では吸収が大きくなる。クリプトンは波長13.2nm付近に吸収端を有

しているため、これよりも短い波長のEUV光に対しては非常に吸収が大きいが、14nm付近ではヘリウムと同程度の透過率が得られるので、飛散粒子の低減には効果的である。

【0027】本実施形態においては、回転放物面鏡によって平行光束を形成しているが、これに限るものではなく、利用目的によっては、回転楕円鏡、回転双曲面鏡などにより集光光束、発散光束を形成しても良い。図5は、本発明の第2の実施形態を示す概略図である。本実施形態は第1の実施形態に示した軟X線発生装置（電磁波発生装置）を用いてX線縮小露光装置（半導体露光装置）を構成したものである。尚、第1の実施形態で説明した部分については電磁波発生装置500として説明を省略している。

【0028】電磁波発生装置500から射出した軟X線（波長13nm）は照明光学系507に入射する。照明光学系507により照明領域を円弧状に整形し、IC回路パターンが形成されている反射マスク508を照明する。反射マスク508で反射したX線は投影光学系510により1/4に縮小され、レジストが塗布されたシリコンウェハ511上に結像される。このとき、ウェハ511と反射マスク508はそれぞれ反射マスク移動ステージ513、ウェハ移動ステージ514上に取り付けられ、これらステージは同期してスキャンすることで、25 \times 25mm角のICチップ全面を露光できるようになっている。この露光装置により、レジスト上で0.07 μ m L/SのICパターンが露光できるようになっている。

【0029】以下、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施の形態の例を説明する。図6は、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の一例を示すフローチャートである。この例の製造工程は以下の各主行程を含む。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
 - (2) 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
 - (3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセス工程
 - (4) ウエハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立行程
 - (5) できたチップを検査するチップ検査工程
- なお、それぞれの行程はさらに幾つかのサブ行程からなっている。

【0030】これらの主行程の中で、半導体のデバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主行程がウエハプロセス工程である。この行程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエハプロセス工程は以下の各工程を含む。

- (1) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜などを形成する薄膜形成工程（C/V

Dやスパッタリング等を用いる)

(2) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化行程

(3) 薄膜層やウエハ基板などを選択的に加工するためにマスク(レチクル)を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー行程

(4) レジストのパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング行程(例えばドライエッチング技術を用いる)

(5) イオン・不純物注入拡散行程

(6) レジスト剥離行程

(7) さらに加工されたウエハを検査する検査工程

なお、ウエハプロセッシング行程は必要な層数だけ繰り返し行ない、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0031】図7は、図6のウエハプロセッシング行程の中核をなすリソグラフィー行程を示すフローチャートである。このリソグラフィー行程は以下の各工程を含む。

(1) 全段の行程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布行程

(2) レジストを露光する露光行程

(3) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像行程

(4) 現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール行程

以上の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング行程、リソグラフィー行程については、周知のものであり、これ以上の説明を要しないであろう。

【0032】上記リソグラフィー行程の中の(2)の露光行程に、本発明に係るX線露光装置を用いると、線幅の小さなパターンの露光転写を行うことができる。そして、これらX線露光装置は、長時間の連続運転が可能であるので、本発明の半導体デバイスの製造方法によれば、歩留まりよく半導体デバイスを製造することができる。

【0033】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明における電磁波発生装置によれば、微粒子ターゲットを十分な密度で長時間にわたって安定に供給し続けることが可能となり、変換効率が高く、飛散粒子の少ないLPSを実現することができる。また、この電磁波発生装置をEUV露光装置の光源に用いることにより、より高い処理能力

を有する半導体製造装置を得ることができる。さらにこの半導体製造装置を用いた半導体集積回路製造方法によって処理能力の高い半導体集積回路製造方法を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】は、本発明の実施形態の構成を示す図である。

【図2】は、静電搬送装置の原理を示す図である。

【図3】は、管状の静電搬送装置の構成を示す図である。

【図4】は、飛散粒子阻止部材の形状と配置を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態を示すX線縮小露光装置の概略図である。

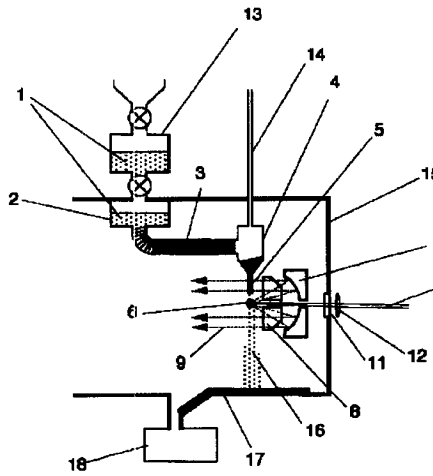
【図6】本発明に係るX線露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法を示す図である。

【図7】リソグラフィー行程の概要を示す図である。

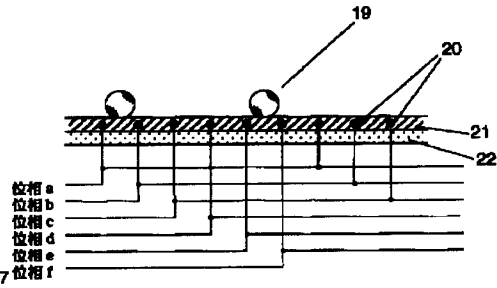
【符号の説明】

- 1 微粒子標的材
- 2 微粒子溜
- 3 管状微粒子搬送装置1
- 4 ガス混合容器
- 5 管状微粒子搬送装置2
- 6 プラズマ
- 7 パルスレーザー光
- 8 飛散粒子阻止部材
- 9 EUV平行光束
- 10 回転放物面鏡
- 11 レーザー光導入窓
- 12 レンズ
- 13 前室
- 14 ガス導入管
- 15 真空容器
- 16 微粒子
- 17 搬送装置
- 18 回収容器
- 19 搬送微粒子
- 20 電極
- 21 絶縁層
- 22 基板
- 23 導電性の細線
- 24 筒状部材

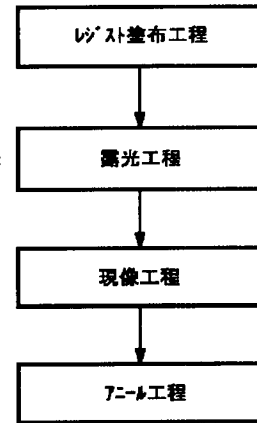
【図1】



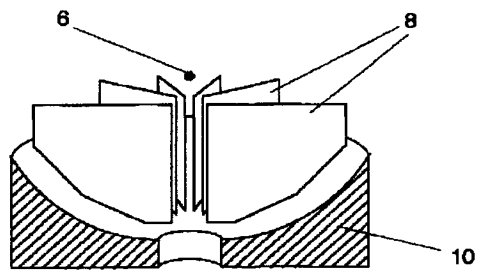
【図2】



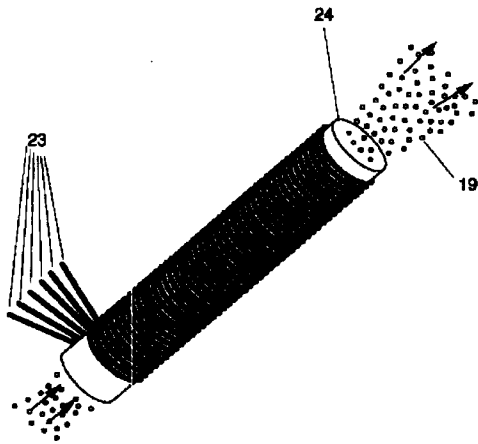
【図7】



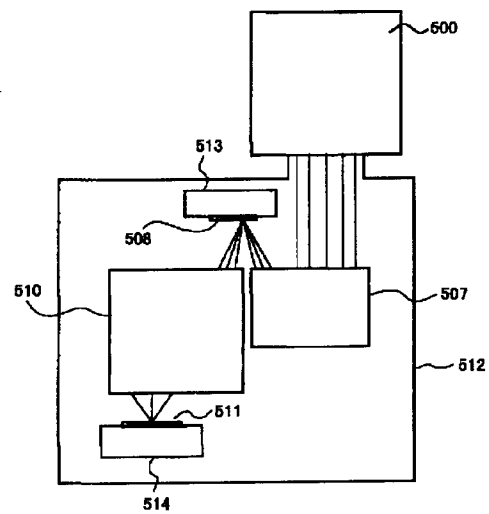
【図4】



【図3】



【図5】



【図6】

